



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104709456 B

(45)授权公告日 2017.08.22

(21)申请号 201510130745.4

B63H 21/14(2006.01)

(22)申请日 2015.03.24

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104709456 A

CN 101125548 A, 2008.02.20,

CN 202499132 U, 2012.10.24,

CN 101947955 A, 2011.01.19,

CN 104218628 A, 2014.12.17,

CN 104071161 A, 2014.10.01,

CN 103973182 A, 2014.08.06,

(43)申请公布日 2015.06.17

(73)专利权人 上海海洋大学

地址 201306 上海市浦东新区临港新城沪城环路999号

审查员 兰放

(72)发明人 王永鼎 田晨曦 卢好阳 沙锋 李晴

(74)专利代理机构 上海卓阳知识产权代理事务所(普通合伙) 31262

代理人 金重庆

(51) Int. Cl.

B63H 21/17(2006.01)

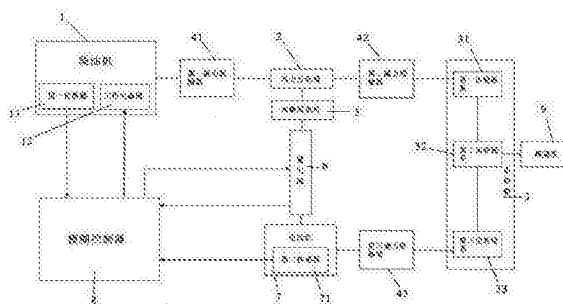
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统

(57)摘要

本发明涉及一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统,所述的混联式油电混合动力系统包括:柴油机、动力分配器、蓄电池、电动机、模糊控制器、齿轮箱和螺旋桨。其优点在于:本发明通过模糊控制器,合理选择分配柴油机动力系统和电动机动力系统,可以满足全速航行工况、投绳工况、起绳工况的不同动力需求,使柴油机能够稳定工作在高效区域附近,提高了燃油经济性,降低了污染;电动机的转矩反应迅速、波动小,有较宽的调速范围,低速时能够输出较大的转矩,具有较大的过载系数,工作效率高、稳定性好,提高了捕捞作业的机动性能;本发明采用磁性联轴节作为传动机构,提升了混合动力系统的传动性能,降低了功耗损失。



1. 一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统的控制方法,其特征在于,

所述的混联式油电混合动力系统的控制方法包括:柴油机、动力分配器、蓄电池、电动机、模糊控制器、齿轮箱和螺旋桨,所述的柴油机与动力分配器通过第一磁力联轴器同轴连接,所述的动力分配器分别与第二磁力联轴器、永磁发电机连接,所述的第二磁力联轴器与齿轮箱连接,所述的永磁发电机与蓄电池相连接,蓄电池与电动机连接,所述的电动机通过第三磁力联轴器与齿轮箱连接,所述的齿轮箱与螺旋桨连接,所述的模糊控制器分别与柴油机、蓄电池、电动机连接;所述的柴油机上设有第一传感器和工作电磁阀,所述的电动机上设有第二传感器,所述的模糊控制器上设有两个输出端口和三个输入端口,所述的输出端口分别与工作电磁阀、蓄电池连接,所述的输入端口分别与第一传感器、第二传感器、蓄电池连接;所述的模糊控制器的三个输入端口采集三个数据:工况需求转矩与柴油机转矩的差值、蓄电池的荷电状态SOC和电动机转速,将钓船当前工况需求转矩与柴油机输出转矩的差值、蓄电池的荷电状态SOC和电动机转速作为模糊控制器的输入信号,经过模糊控制量化、模糊化、隶属函数设计、模糊规则制定、解模糊的步骤得出柴油机转矩分配系数和电动机转矩分配系数,然后将两个输出信号分别输出到柴油机上的工作电磁阀和蓄电池,由工作电磁阀控制柴油机的油门开度,由蓄电池控制输出电压;

所述的模糊控制器的控制方法为:

(1) 输入变量的确定与计算,所述的输入变量包括:电动机转速 N ,蓄电池的荷电状态值SOC,动力耦合处整船需求转矩与当前柴油机的目标转矩差值 ΔT ;

(2) 确定模糊控制规则,用产生式方法表示控制规则,每条控制规则可写为:

if (N is N_i) and (SOC is SOC_m) and (ΔT is ΔT_n), then (K is K_{imn});

其中, N_i 的论域为{Low,High}, SOC_m 的论域为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB} ΔT_n 的论域为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB};NBB表示负极大,NB表示负大,NM表示负中,NS表示负小,NSS表示负极小,ZE表示0,PSS表示正极小,PS表示正小,PM表示正中,PB表示正大,PBB表示正极大,Low表示低,High表示高;

N 的模糊变量为High时的模糊规则表为:

K_{imn}		SOC_m										
		<i>NBB</i>	<i>NB</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NSS</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PB</i>	<i>PBB</i>
ΔT_n	<i>NBB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>	<i>NM</i>
	<i>NB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>
	<i>NM</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>ZE</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PSS</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>
	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>
	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
<i>PBB</i>	<i>PBB</i>	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	

N的模糊变量为Low时的模糊规则表为：

K_{imn}		SOC_m										
		<i>NBB</i>	<i>NB</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NSS</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PB</i>	<i>PBB</i>
ΔT_n	<i>NBB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>	<i>NM</i>
	<i>NB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>
	<i>NM</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>ZE</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>
	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
<i>PBB</i>	<i>PBB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	

(3) 确定输出变量,所述的输出变量为发动机的转矩系数K。

2. 根据权利要求1所述的混联式油电混合动力系统的控制方法,其特征在于,所述的齿轮箱设有第一齿轮轮系、第二齿轮轮系和第三齿轮轮系,所述的第一齿轮轮系与第二磁力联轴器相连接,所述的第二齿轮轮系与螺旋桨相连接,所述的第三齿轮轮系与第三磁力联轴器相连接。

3. 根据权利要求1所述的混联式油电混合动力系统的控制方法,其特征在于,所述的磁

力联轴器包括铜转子和永磁转子,所述的铜转子与驱动轴连接,所述的永磁转子与负载轴连接。

4.根据权利要求1所述的混联式油电混合动力系统的控制方法,其特征在于,所述的输入变量和输出变量的隶属度函数采用三角形隶属度函数。

一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金枪鱼延绳钓船,具体地说,是一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统。

背景技术

[0002] 随着中国远洋渔业的发展,金枪鱼延绳钓渔业在我国远洋渔业中所占的比重逐渐增加,金枪鱼属于大洋性回游鱼类,营养价值高,市场前景广阔,金枪鱼延绳钓渔船是远洋渔业的关键设备。

[0003] 金枪鱼延绳钓船是一种专门用于捕捞深海金枪鱼的渔船,在起绳作业工况下,金枪鱼延绳钓船作业时间超过10小时,且航速较低,一般在3-6节,如果以此来设计航速,则无法满足快速寻找并奔赴渔场要求。从推进产业可持续发展的角度来看,寻求一种既能充分发挥金枪鱼延绳钓船的优势、又能有效降低油耗和排放的方法,已经成为人们所共同关注的问题。

[0004] 现有的金枪鱼延绳钓船一般采用可调桨装置或定距桨装置或全电力推进系统装置。可调桨装置的柴油发动机转速可以保持稳定,但是运行在低负荷状态下推进效率较低、油耗较大,价格昂贵,装置复杂,金枪鱼延绳钓作业属于远洋捕捞,维修保养难度较大;定距桨装置是螺旋桨固定,如若改变航速需要靠柴油机与减速箱来调节,因此,渔船在起绳作业工况下,柴油机长时间低速运转,不仅效率低,而且油耗高,会对柴油机造成损害;全电力推进系统需满足金枪鱼延绳钓船的全速航行工况,必须配备大功率的电动机,因此电动机体积较大,占用渔船空间,且在较小船舱的金枪鱼延绳钓船内难以合理规划布置。

[0005] 因此,亟需一种可以使金枪鱼延绳钓船的柴油机稳定工作在高效区域附近的系统装置,这样燃油经济性较高,并可以减少污染物的排放。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有技术中的不足,提供一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统。

[0007] 为实现上述目的,本发明采取的技术方案是:

[0008] 一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统,所述的混联式油电混合动力系统包括:柴油机、动力分配器、蓄电池、电动机、模糊控制器、齿轮箱和螺旋桨,所述的柴油机与动力分配器通过第一磁力联轴器同轴连接,所述的动力分配器分别与第二磁力联轴器、永磁发电机连接,所述的第二磁力联轴器与齿轮箱连接,所述的永磁发电机与蓄电池相连接,蓄电池与电动机连接,所述的电动机通过第三磁力联轴器与齿轮箱连接,所述的齿轮箱与螺旋桨连接,所述的模糊控制器分别与柴油机、蓄电池、电动机连接。

[0009] 所述的柴油机上设有第一传感器和工作电磁阀,所述的电动机上设有第二传感器,所述的模糊控制器上设有两个输出端口和三个输入端口,所述的输出端口分别与工作电磁阀、蓄电池连接,所述的输入端口分别与第一传感器、第二传感器、蓄电池连接。

[0010] 所述的齿轮箱设有第一齿轮轮系、第二齿轮轮系和第三齿轮轮系,所述的第一齿

轮轮系与第二磁力联轴器相连接,所述的第二齿轮轮系与螺旋桨相连接,所述的第三齿轮轮系与第三磁力联轴器相连接。

[0011] 所述的磁力联轴器包括铜转子和永磁转子,所述的铜转子与驱动轴连接,所述的永磁转子与负载轴连接。

[0012] 所述的模糊控制器的控制方法为:

[0013] (1) 输入变量的确定与计算,所述的输入变量包括:电动机转速 N ,蓄电池的荷电状态值 SOC ,动力耦合处整船需求转矩与当前柴油机的目标转矩差值 ΔT ;

[0014] (2) 确定模糊控制规则,用产生式方法表示控制规则,每条控制规则可写为:

[0015] if (N is N_i) and (SOC is SOC_m) and (ΔT is ΔT_n), then (K is K_{imn});

[0016] 其中, N_i 的论域为{Low,High}, SOC_m 的论域为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB} ΔT_n 的论域为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB};

[0017] (3) 确定输出变量,所述的输出变量为发动机的转矩系数 K 。

[0018] 所述的输入变量和输出变量的隶属度函数采用三角形隶属度函数。

[0019] 本发明优点在于:

[0020] 1、本发明是一种金枪鱼延绳钓船的新型动力推进方式,通过模糊控制器合理选择分配柴油机动力系统和电动机动力系统,可以满足全速航行工况、投绳工况、起绳工况的不同动力需求,使柴油机能够稳定工作在高效区域附近,提高了燃油经济性,降低了污染。

[0021] 2、电动机的转矩反应迅速、波动小,有较宽的调速范围,低速时能够输出较大的转矩,具有较大的过载系数,工作效率高、稳定性好,提高了捕捞作业的机动性能。

[0022] 3、本发明采用磁性联轴节作为传动机构,提升了混合动力系统的传动性能,降低了功耗损失。

附图说明

[0023] 附图1是本发明一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统的结构图。

[0024] 附图2是磁力联轴器的结构图。

[0025] 附图3是模糊控制器的控制框图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明提供的具体实施方式作详细说明。

[0027] 附图中涉及的附图标记和组成部分如下所示:

- | | | |
|--------|-------------|-------------|
| [0028] | 1. 柴油机 | 11. 第一传感器 |
| [0029] | 12. 工作电磁阀 | 2. 动力分配器 |
| [0030] | 3. 齿轮箱 | 31. 第一齿轮轮系 |
| [0031] | 32. 第二齿轮轮系 | 33. 第三齿轮轮系 |
| [0032] | 41. 第一磁力联轴器 | 42. 第二磁力联轴器 |
| [0033] | 43. 第三磁力联轴器 | 401. 驱动轴 |
| [0034] | 402. 铜转子 | 403. 永磁转子 |
| [0035] | 404. 负载轴 | 5. 永磁发电机 |
| [0036] | 6. 蓄电池 | 7. 电动机 |

[0037] 71.第二传感器 8.模糊控制器

[0038] 9.螺旋桨。

[0039] 实施例

[0040] 请参看图1,图1是本发明一种金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统的结构图。所述的混联式油电混合动力系统包括:柴油机1、动力分配器2、蓄电池6、电动机7、模糊控制器8、齿轮箱3和螺旋桨9,所述的柴油机1与动力分配器2通过第一磁力联轴器41同轴连接,所述的动力分配器2分别与第二磁力联轴器42、永磁发电机5连接,所述的第二磁力联轴器42与齿轮箱3连接,所述的永磁发电机5与蓄电池6相连接,蓄电池6与电动机7连接,所述的电动机7通过第三磁力联轴器43与齿轮箱3连接,所述的齿轮箱3设有第一齿轮轮系31、第二齿轮轮系32和第三齿轮轮系33,所述的第一齿轮轮系31与第二磁力联轴器42相连接,所述的第二齿轮轮系32与螺旋桨9相连接,所述的第三齿轮轮系33与第三磁力联轴器43相连接,所述的模糊控制器8上设有两个输出端口和三个输入端口,所述的柴油机1上设有第一传感器11和工作电磁阀12,所述的电动机7上设有第二传感器71,所述的输出端口分别与工作电磁阀12、蓄电池6连接,所述的输入端口分别与第一传感器11、第二传感器71、蓄电池6连接。

[0041] 请参看图2,图2是磁力联轴器的结构图,所述的磁力联轴器包括铜转子402和永磁转子403,所述的铜转子402与驱动轴401连接,所述的永磁转子403与负载轴404连接。

[0042] 请参看图3,图3是模糊控制器的控制框图。当所述的混合动力系统工作时,所述的模糊控制器8的三个输入端口采集三个数据:工况需求转矩与柴油机1转矩的差值、蓄电池6的荷电状态SOC和电动机7转速。将渔船当前工况需求转矩与柴油机1输出转矩的差值、蓄电池6的荷电状态SOC和电动机7转速作为模糊控制器8的输入信号,经过模糊控制量化、模糊化、隶属函数设计、模糊规则制定、解模糊等步骤得出柴油机1转矩分配系数和电动机7转矩分配系数,然后将两个输出信号分别输出到柴油机1上的工作电磁阀12和蓄电池6,由工作电磁阀12控制柴油机1的油门开度,由蓄电池6控制输出电压,从而分别控制柴油机1和电动机7的转矩。

[0043] 模糊控制器8的输入信号需要进行尺度量化,将其变换到论域范围内,量化后的值作为模糊控制器8的信号输入,经过模糊控制系统得到的输出信号同样经过尺度量化,量化后的值作为模糊控制器的输出。所述的模糊控制器的输入信号和输出信号的论域划分为多个模糊子集,模糊控制器的输入信号和输出信号的隶属函数均采用三角形隶属函数。输入信号由渔船当前工况所需实际转矩与柴油机1输出转矩的差值 ΔT 、蓄电池6的荷电状态SOC和电动机7的转速N组成,因此需要把 ΔT 、SOC、N进行量化。

[0044] (1) 模糊控制器输入量确定与计算

[0045] 模糊控制器的输入变量为 ΔT 、SOC、N,模糊控制器的输出变量为发动机的转矩系数K。

[0046] ΔT :动力耦合处整船需求转矩与当前柴油机的目标转矩差值;

[0047] SOC:蓄电池的荷电状态值;

[0048] N:电动机转速。

[0049] 渔船工况需求转矩与柴油机转矩的差值 ΔT 为: $\Delta T = T_{\gamma} - T_0$ 。 T_{γ} 是渔船工况需求转矩, T_0 是柴油机矩值。为了使模糊控制器通用化,令

$$[0050] \quad \Delta T_{scale} = 5 \times \frac{\Delta T}{T_{e-max} - T_0}$$

[0051] 整船需求转矩位于柴油机的转矩区间时,即 $T_\gamma = [0, T_{e-max}]$ 时, $\Delta T_{scale} \in [-5, 5]$,可将论域设定为 $[0, 10]$,蓄电池荷电状态SOC的实际输入值经过尺度量化后变为 $[0, 10]$ 范围内的某一数值,作为模糊控制器的一个输入量。

[0052] 若SOC工作上限值为 SOC_{high} ,下限值为 SOC_{low} ,即 $SOC \in [SOC_{low}, SOC_{high}]$,经过线性变换后蓄电池6的荷电状态计算公式为:

$$[0053] \quad SOC_{scale} = 5 \times \frac{SOC - \frac{SOC_{high} + SOC_{low}}{2}}{\frac{SOC_{high} - SOC_{low}}{2}}$$

[0054] 本发明中的模糊控制器的输入信号SOC的实际变化范围为 $SOC_{scale} \in [-5, 5]$,可将论域设定为 $[0, 10]$ 。蓄电池荷电状态SOC的实际输入值经过尺度量化后变为 $[0, 10]$ 范围内的某一数值,作为模糊控制器的一个输入量。

[0055] (2) 模糊控制器的控制过程

[0056] 模糊控制器的输入信号和输出信号的隶属函数均采用三角形隶属函数。模糊控制器输入变量和输出变量的模糊子集划分的越多,控制规则的细化程度越高,将输入变量和输出变量论域细分为11个模糊子集,保证了控制的精确度。

[0057] ΔT_{scale} 的模糊集合为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB}

[0058] SOC的模糊集合为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB}

[0059] N的模糊集合为{Low,High}

[0060] K的模糊集合为{NBB,NB,NM,NS,NSS,ZE,PSS,PS,PM,PB,PBB}

[0061] NBB表示负极大,NB表示负大,NM表示负中,NS表示负小,NSS表示负极小,ZE表示0,PSS表示正极小,PS表示正小,PM表示正中,PB表示正大,PBB表示极大,Low表示低,High表示高。

[0062] 用产生式方法表示控制规则,每条控制规则可写为:

[0063] if (N is N_i) and (SOC is SOC_m) and (ΔT is ΔT_n), then (K is K_{imn}),

[0064] $N_i \in \{Low, High\}$;

[0065] $SOC_m \in \{NBB, NB, NM, NS, NSS, ZE, PSS, PS, PM, PB, PBB\}$;

[0066] $\Delta T_n \in \{NBB, NB, NM, NS, NSS, ZE, PSS, PS, PM, PB, PBB\}$;

[0067] 模糊控制的规则如表1、表2所示:

[0068] 表1 N的模糊变量为High时的模糊规则表

[0069]

K_{inn}		SOC_m										
		<i>NBB</i>	<i>NB</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NSS</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PB</i>	<i>PBB</i>
ΔT_n	<i>NBB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>	<i>NM</i>
	<i>NB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>
	<i>NM</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>ZE</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PSS</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>
	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>
	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
	<i>PBB</i>	<i>PBB</i>	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>

[0070] 表2 N的模糊变量为Low时的模糊规则表

[0071]

K_{inn}		SOC_m										
		<i>NBB</i>	<i>NB</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NSS</i>	<i>ZE</i>	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PB</i>	<i>PBB</i>
ΔT_n	<i>NBB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>	<i>NM</i>
	<i>NB</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>
	<i>NM</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>NSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>ZE</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PSS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	<i>PM</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NS</i>
	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>
	<i>PBB</i>	<i>PBB</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>PSS</i>	<i>PSS</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>ZE</i>	<i>NSS</i>	<i>NSS</i>

[0072] 当金枪鱼延绳钓船当前工况的需求转矩小于柴油机1输出转矩时,如果蓄电池6的荷电状态SOC低于设定值,蓄电池6不放电,柴油机1除了满足渔船需求转矩外,还应驱动永磁发电机5对蓄电池6进行充电;如果蓄电池6的荷电状态SOC高于设定值,模糊控制器8将合理分配柴油机1和电动机7的输出转矩,使柴油机1稳定工作在高效区域附近,以此降低燃油消耗率,必要时柴油机1关机不工作。

[0073] 当金枪鱼延绳钓船当前工况的需求转矩大于柴油机1输出转矩时,如果蓄电池6的荷电状态SOC高于设定值,蓄电池6释放电量让电动机7配合柴油机1共同驱动负载,模糊控制器8合理分配控制两个动力源的转矩比例,从而让柴油机1稳定工作在高效区域附近,降

低燃油消耗率;如果蓄电池6的荷电状态SOC低于设定值,第二磁力联轴器42断开,柴油机1工作时动力不会传递到齿轮箱3,柴油机1的动力由动力分配器2分配后驱动永磁发电机5,永磁发电机5产生的电能对蓄电池6进行充电。

[0074] 本发明的金枪鱼延绳钓船的工作状态如下:

[0075] 1.全速航行工况

[0076] 全速航行工况时,金枪鱼延绳钓船的驱动模式是柴油机1和电动机7联合驱动模式。此时,由柴油机1动力驱动的第一齿轮轮系31和电动机7主轴连接的第三齿轮轮系33在齿轮箱3中并车,实现柴油机-电动机动力并车,由齿轮箱3的第二齿轮轮系32传递给螺旋桨9。

[0077] 2.投绳工况

[0078] 投绳工况时,金枪鱼延绳钓船的驱动模式是柴油机驱动模式。此时,柴油机1工作,电动机7不工作,第三磁力联轴器43断开,柴油机1将动力传递到动力分配器2,柴油机1的动力由动力分配器2分配后,一部分经过第二磁力联轴器42传递到第一齿轮轮系31,最后经由第二齿轮轮系32输出到螺旋桨9,另一部分驱动永磁发电机5,永磁发电机5产生电能存储在蓄电池6中。

[0079] 3.低速起绳工况

[0080] 低速起绳工况时,航速低、时间长,金枪鱼延绳钓船的驱动模式是电动机7驱动模式。当蓄电池6的荷电状态SOC高于设定值时,蓄电池6向电动机7提供电力,螺旋桨9的动力完全来自于电动机7,柴油机1处于长时间关闭状态;当蓄电池6的荷电状态SOC低于设定值时,柴油机1开启并稳定工作在高效区域附近,同时,第二磁力联轴器42断开,柴油机1工作时动力不会传递到齿轮箱3,柴油机1的动力由动力分配器2分配后驱动永磁发电机5,永磁发电机5产生的电能对蓄电池6进行充电。

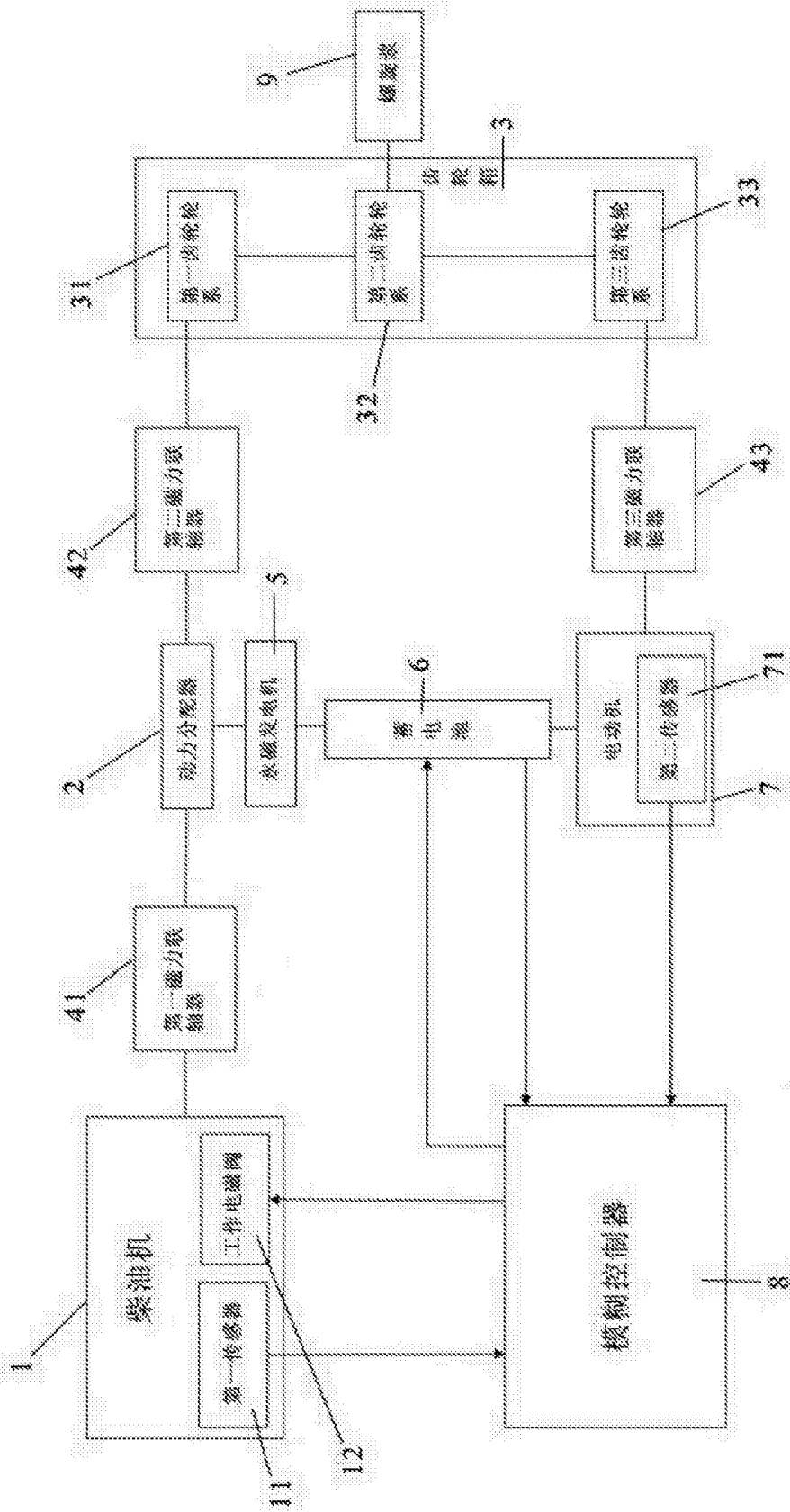
[0081] 以36米、300吨的金枪鱼延绳钓船为研究对象,对金枪鱼延绳钓船进行全速航行4h、投绳6h、起绳12h的油耗测试,该测试结果由SIMULINK软件仿真得到,金枪鱼延绳钓船分别采用本发明的混联式油电混合动力系统和传统动力系统,油耗测试结果见表3;

[0082] 表3 油耗测试表

推进方式	名称	单位	捕捞作业			总和
			全速航行 4h	投绳 6h	起绳 12h	
[0083] 混联式油电混合动力	柴油机台数	台	1	1	0	
	电动机台数	台	1	0	1	
	工作时间	h	4	6	12	24
	柴油机输出功率	kW	350	350		
	柴油机负荷率		0.7	0.7		
	柴油机燃油消耗率	g/(kW·h)	210	210		
	柴油机燃油消耗量	kg	420	630		1050
传统动力系统	柴油机台数	台	1	1	1	
	电动机台数	台	0	0	0	
	工作时间	h	4	6	12	24
	柴油机输出功率	kW	380	200	50	
	柴油机负荷率		0.7	0.6	0.5	
	柴油机燃油消耗率	g/(kW·h)	200	250	290	
	柴油机燃油消耗量	kg	434	500	348	1282

[0084] 由表3的数据可知,本发明的金枪鱼延绳钓船的混联式油电混合动力系统与传统动力系统相比,具有明显的燃油经济性,采用混联式油电混合动力系统的金枪鱼延绳钓船与传统动力系统的金枪鱼延绳钓船相比,单次作业捕捞燃油消耗量降低了18%。

[0085] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明方法的前提下,还可以做出若干改进和补充,这些改进和补充也应视为本发明的保护范围。



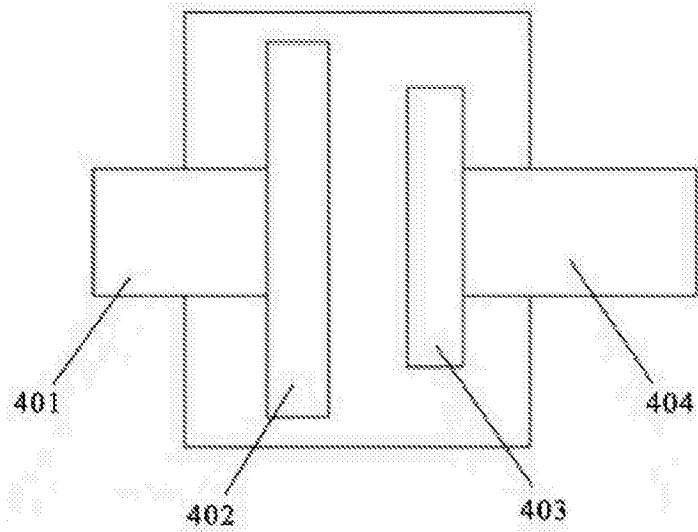


图2

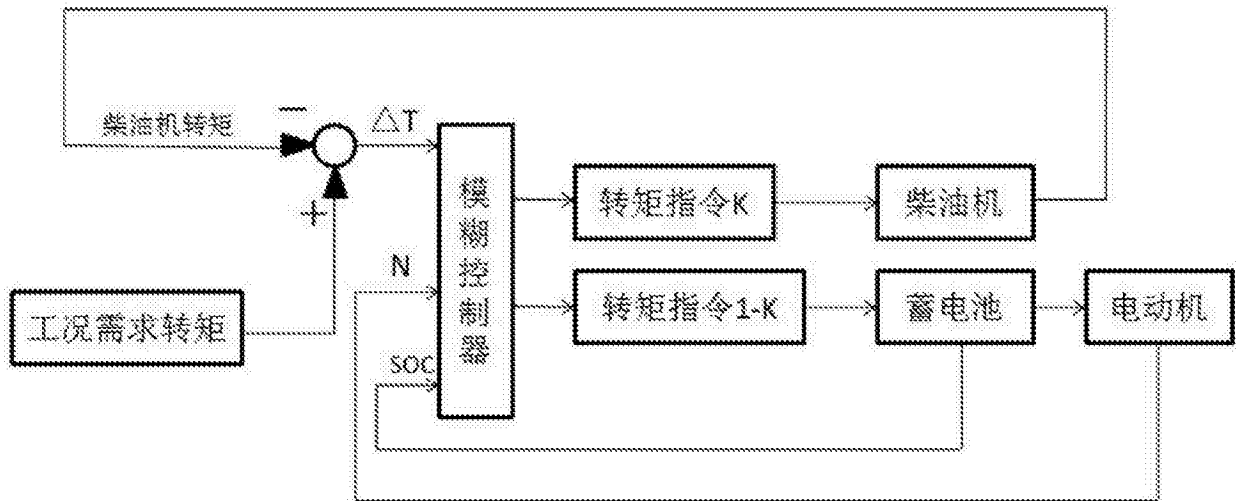


图3